

УДК 528.4:629.783

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

канд. техн. наук В.А. БОНДАРЕНКО
(Полоцкий государственный университет)

Рассматриваются современные технологии производства геодезических изысканий для обеспечения строительства линейных сооружений. Выполнен анализ практического применения спутниковых и других современных методов выполнения геодезических изысканий для проектирования магистральных газопроводов, сделаны обоснованные выводы.

Ключевые слова: геодезические изыскания, методы, магистральные газопроводы, беспилотные летательные аппараты, электронные тахеометры.

В последние годы темпы строительства магистральных газопроводов как в России, так и в Беларуси значительно возросли. Примерно 2/3 всего объема работ в России приходится на Крайний Север и производится в районах с малой плотностью геодезической основы для производства инженерно-геодезических изысканий. Для выполнения изысканий в кратчайшие сроки и в экстремальных условиях геодезические службы взяли на вооружение самое передовое оборудование: высокоточное GPS-оборудование, беспилотные летательные аппараты и электронные тахеометры.

Выполним анализ практического применения спутниковых и других современных методов выполнения геодезических изысканий для проектирования магистральных газопроводов на примере магистрального газопровода, имеющего следующие характеристики:

- основной диаметр труб – 1420 мм;
- рабочее давление – 120 атмосфер;
- количество компрессорных станций – 9;
- суммарная проектная производительность двух газопроводов – 115 млрд куб. м в год.

При проведении инженерно-геодезических изысканий магистрального газопровода производится камеральное и полевое трассирование, которое заключается в предварительном выборе конкурентно-способных вариантов трассы, согласовании ее местоположения [1]. При этом для аэрофотосъемки узкой полосы местности (50...300 м) значительной протяженности целесообразно применять беспилотные летательные аппараты (БПЛА) самолетного типа класса «Е» (рисунок 1). На основе полученных снимков путём их дешифрирования и обработки средствами ГИС-технологий в программах для БПЛА получают ситуационный план полосы трассы масштабов 1:2000...1:5000 (рисунок 2), необходимый для камерального трассирования магистрального газопровода [2].



Рисунок 1. – БПЛА самолетного типа
класса «Е»



Рисунок 2. – Фрагмент съемки участка магистрального
газопровода, сделанный с помощью БПЛА

Геодезическое GPS-оборудование (рисунок 3) и ГЛОНАСС/GPS-системы позволяют выполнять измерения высокой точности в любое время суток, в любой точке, независимо от климатических условий. Спутниковая геодезическая аппаратура может быть использована как для построения опорной (съёмочной) геодезической основы, так и для топографо-геодезической съемки района работ.

Непосредственно перед съемкой производят спутниковые геодезические измерения с целью определения координат пунктов съёмочной (разбивочной) основы, расположенных в непосредственной близости от района работ на открытых местах для беспрепятственного приема сигналов спутниковой геодезической аппаратурой в прямой видимости друг от друга. Координаты передают с двух базовых пунктов

с известными координатами в местной системе координат [3]. На территории Республики Беларусь это постоянно действующие пункты спутниковой сети точного позиционирования (ПДП ССТП). На территории России в качестве базовых пунктов при проведении работ можно использовать пункты международной сети постоянно действующих станций GPS IGS или пункты региональных сетей GPS.



Рисунок 3. – Спутниковый приемник Leica GS16 3.75G и контроллер LEICA CS20

При проектировании геодезического обоснования для съёмки конкретного объекта в требуемом масштабе с заданной высотой сечения рельефа выбирают метод спутниковых определений – статический, быстрый статический или метод реокупации – метод спутниковых определений (таблица 1).

Таблица 1. – Рекомендации по применению методов развития съёмочного обоснования и методов спутниковых определений для различных масштабов съёмки и высот сечения рельефа

Масштаб съёмки; высота сечения рельефа	Плановое обоснование		Планово-высотное или высотное обоснование	
	Метод развития съёмочного обоснования с использованием спутниковой технологии	Метод спутниковых определений	Метод развития съёмочного обоснования с использованием спутниковой технологии	Метод спутниковых определений
1:10000, 1:5000; 1 м	Определение висячих пунктов	Быстрый статический или реокупация	Построение сети	Быстрый статический или реокупация
1:2000, 1:1000, 1:500; 1 м и более	Построение сети	Быстрый статический или реокупация	Построение сети	Быстрый статический или реокупация
1:5000; 0,5 м	Определение висячих пунктов	Быстрый статический или реокупация	Построение сети	Статический
1:2000, 1:1000, 1:500; 0,5 м	Построение сети	Быстрый статический или реокупация	Построение сети	Статический

Двухчастотным геодезическим приемником в режиме быстрой статики координаты пунктов разбивочной основы получают передачей с базовых пунктов с точностью 1...3 мм (таблица 2).

Таблица 2. – Технические характеристики GPS-съёмок

Название технологии, время измерения	Точность, м	Область применения
Кинематика «real-time», 20...30 секунд на точку	0,1...0,3	Локальные топографические съёмки и разбивочные работы с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала. Координаты вычисляются прямо в поле. Необходимо наличие радиомодема
Кинематика «continuous», непрерывное слежение	0,05...0,2	Локальные топографические съёмки линейных и площадных объектов в условиях очень хорошего приема спутникового радиосигнала
Кинематика «stop-and-go», 20...30 секунд на точку	0,01...0,03	Локальные топографические съёмки с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала, создание съёмочного обоснования
Быстрая статика, 20...30 минут на точку	$(1...3) \cdot 10^{-3}$	Высокоточные геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 10 км
Статика, 40...60 минут на точку и более	$(1...3) \cdot 10^{-3}$	Высокоточные геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 2000 км

Топографическую съемку района работ целесообразно выполнять в комплексе, одновременно используя беспилотные летательные аппараты и GPS-аппаратуру.

В условиях Крайнего Севера съемку в 90% случаев выполняют беспилотными летательными аппаратами (рисунок 4, 5) [4]. Это обусловлено техническими возможностями БПЛА:

- могут быть использованы в пасмурную погоду с высотой полета ниже уровня облаков;
- могут работать при неблагоприятных условиях (дождь, снег, туман, пересеченная местность);
- мобильность комплекса позволяет в течение одного светового дня выполнить аэрофотосъемку площади до 70 км²;
- позволяют получить высокое разрешение изображения, до 5 см, (при полете на низкой высоте) [4].

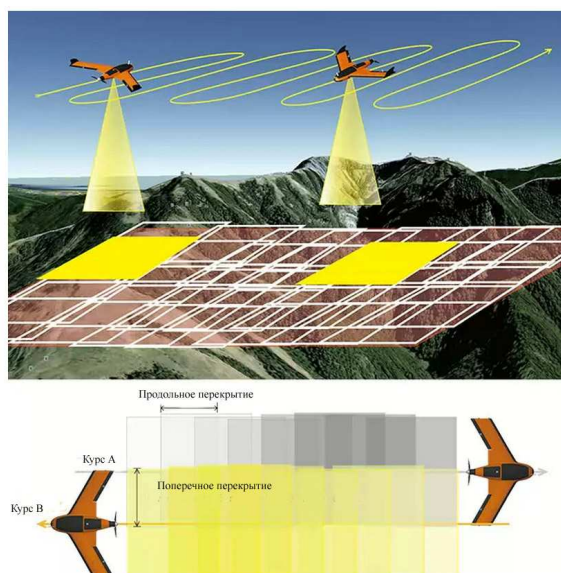


Рисунок 4. – Съемка территории БПЛА

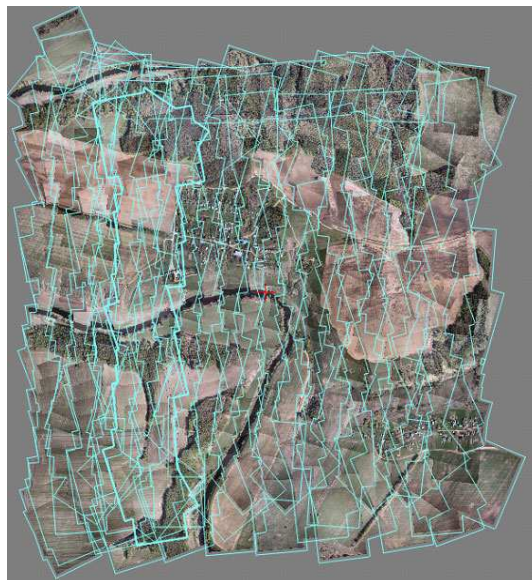
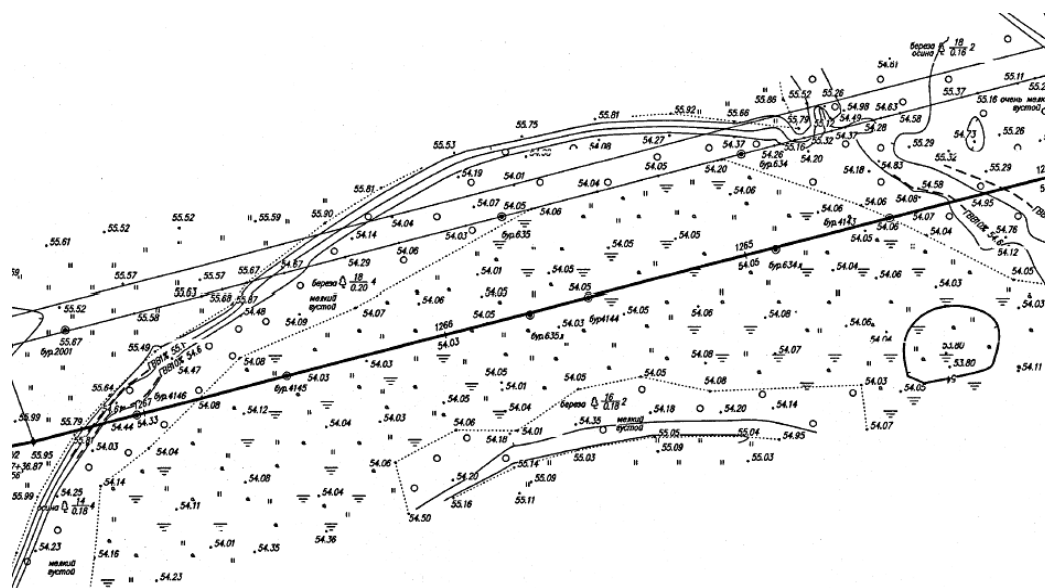


Рисунок 5. – Результат накидного монтажа при съемке территории БПЛА

Локальные топографические съемки с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала выполняют кинематическим методом съемки в режиме «stop-and-go» с точностью 1...3 см. Использование в качестве базовых станций постоянно действующих пунктов (ПДП) спутниковой системы точного позиционирования (ССТП) позволяет с такой же точностью выполнять съемку в режиме «real-time». После обработки полученной информации создается топографический план территории работ (рисунок 6).



Анализ применения спутниковых приёмников и беспилотных летательных аппаратов при производстве геодезических работ для обеспечения проектирования магистральных газопроводов показал:

- спутниковые приёмники целесообразно применять при большом расстоянии между исходными и определяемыми точками, находящимися вне визуальной досягаемости, как для создания опорной геодезической сети, так и для съёмочных и разбивочных работ. Это связано с обеспечением высокой скорости получения результатов, с определением координат в любое время суток и в любых погодных условиях;
- использование беспилотных летательных аппаратов позволяет мобильно выполнять аэросъёмку больших территорий с минимальными временными и экономическими затратами [5];
- применение современных методов и новейшей геодезической аппаратуры позволяет проводить в максимально сжатые сроки колоссальный объем работ при участии минимального количества людей и дополнительной техники и достигать требуемой точности (10 мм).

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Инженерные изыскания для строительства : СНБ 1.03.02-96. – Введ. 01.06.1996. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 1996.
2. Петров, М.В. Практический опыт использования БПЛА Swinglet производства компании Sensefly (Швейцария) / М.В. Петров // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов : в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2013. – Т. 1. – С. 152–157.
3. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS (ГКИНП (ОНТА)-02-262-02) : утв. Роскартографией 18.01.2002. – М. : ЦНИИГАиК, 2002.
4. Попова, Л.Н. Применение беспилотных летательных аппаратов в условиях Крайнего Севера / Л.Н. Попова // Молодой ученый. – 2016. – № 24. – С. 105–108.
5. Оценка экономической эффективности использования беспилотных аэрофотосъёмочных комплексов / В.Н. Никитин, Д.Н. Раков // «Вестн. Сиб. гос. ун-та геосистем и технологий (СГУГИТ). Строительство. Прикладные науки. – 2012. – № 16. – С. 109–113.

Поступила 04.12.2017

FEATURES THE PRODUCTION OF GEODESIC SURVEYS FOR THE CONSTRUCTION GAS PIPELINE

V. BONDARENKO

In this article, modern technologies for the production of geodetic surveys for the provision of construction of linear structures are considered, an analysis of the practical application of satellite and other modern methods for performing geodetic surveys for the design of main gas pipelines is made, and substantiated conclusions are drawn.

Keywords: *geodetic surveys, methods, main gas pipelines, unmanned aerial vehicles, electronic total stations.*